

#2

1c971 U.S. PTO
10/099961
03/19/02



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원번호 : 특허출원 2002년 제 3423 호
Application Number PATENT-2002-0003423

출원년월일 : 2002년 01월 21일
Date of Application JAN 21, 2002

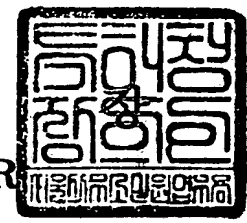
출원인 : 광주과학기술원
Applicant(s) Kwangju Institute of Science and Technology



2002 년 01 월 28 일

특 허 청

COMMISSIONER



	【서지사항】
【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2002.01.21
【국제특허분류】	H04J
【발명의 명칭】	WDM 광통신 시스템에서 광채널의 파장/광출력 안정화 방법 및 그 시스템
【발명의 영문명칭】	Locking method and system of wavelength and optical power of optical channels in the WDM optical communication system
【출원인】	
【명칭】	광주과학기술원
【출원인코드】	3-1998-099381-5
【대리인】	
【성명】	허진석
【대리인코드】	9-1998-000622-1
【포괄위임등록번호】	1999-001441-1
【발명자】	
【성명의 국문표기】	강영식
【성명의 영문표기】	KANG, Young-Shik
【주민등록번호】	720127-1462123
【우편번호】	500-712
【주소】	광주광역시 북구 오룡동 1번지 광주과학기술원 생활관 5402
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이용탁
【성명의 영문표기】	LEE, Yong-Tak
【주민등록번호】	510404-1496114
【우편번호】	500-712
【주소】	광주광역시 북구 오룡동 1번지 광주과기원내 아파트 C-305
【국적】	KR

【공지예외적용대상증명서류의 내용】

【공개형태】 학술단체 서면발표

【공개일자】 2001.08.17

【심사청구】 청구

【취지】 특허법 제42조의 규정에 의하여 위와 같이 출원합
니다. 대리인
허진석 (인)

【수수료】

【기본출원료】 20 면 29,000 원

【가산출원료】 12 면 12,000 ~ 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】	12	항	493,000	원
---------	----	---	---------	---

【합계】 534,000 원

【감면사유】 정부출연연구기관

【감면후 수수료】 267,000 원

【첨부서류】 1. 요약서·명세서(도면)_1통 2. 공지예외적용대상(신규정상실의예외, 출원시의특례)규정을 적용받 기 위 한 증명서류_1통[추후제출]

【요약서】

【요약】

본 발명에 따른 파장 안정화 방법은, 제1 QCSE 광검출기와 제2 QCSE 광검출기가 하나의 광원에서 출사되는 광을 입력받는데, 이 때, 상기 제1 QCSE 광검출기에 소정의 바이어스 전압을 인가하였을 때 얻어지는 제1 파장-광전류 그래프와, 상기 제2 QCSE 광검출기에 소정의 바이어스 전압을 인가하였을 때 얻어지는 제2 파장-광전류 그래프가 소정의 기준 파장에서 서로 교차되도록 하고, 상기 교차점보다 단파장 쪽에서는 상기 제1 QCSE 광검출기에서 출력되는 광전류가 상기 제2 QCSE 광검출기에서 출력되는 광전류보다 더 크고, 상기 교차점보다 장파장쪽에서는 상기 제2 QCSE 광검출기에서 출력되는 광전류가 상기 제1 QCSE 광검출기에서 출력되는 광전류보다 더 크도록 하여, 상기 제1 QCSE 광검출기에서 출력되는 광전류가 더 클 경우에는 상기 광원에서 더 장파장쪽으로 출력파장이 이동되도록 하고, 상기 제2 QCSE 광검출기에서 출력되는 광전류가 더 클 경우에는 상기 광원에서 더 단파장쪽으로 출력파장이 이동되도록 하여 상기 광원에서 출력되는 광이 상기 기준파장을 유지하도록 할뿐더러 상기 제1 QCSE 광검출기 및/또는 상기 제2 QCSE 광검출기의 바이어스 전압을 바꿔줌으로써 기준파장을 손쉽게 바꿔줄 수 있도록 한다.

【대표도】

도 5a

【색인어】

WDM, QCSE, DFB LD, DBR LD, 광검출기, 엑시톤

【명세서】**【발명의 명칭】**

WDM 광통신 시스템에서 광채널의 파장/광출력 안정화 방법 및 그 시스템
{Locking method and system of wavelength and optical power of optical
channels in the WDM optical communication system}

【도면의 간단한 설명】

도 1a 및 도 1b는 수동 광필터를 이용한 종래의 파장 안정화 시스템을 설명하기 위한 도면들;

도 2는 광섬유 격자를 이용한 종래의 파장 안정화 시스템을 설명하기 위한 도면;

도 3은 파브리 페로 에탈론 필터를 이용한 종래의 파장 안정화 시스템을 설명하기 위한 도면;

도 4는 QCSE의 1s 엑시톤 흡수특성을 나타내는 그래프;

도 5a 내지 도 5b는 본 발명에 따른 파장 안정화 방법을 설명하기 위한 도면들;

도 5c는 도 5b에서 제1 QCSE 광검출기에 5V를 인가하고, 제2 QCSE 광검출기에 7V를 인가했을 경우의 1s 엑시톤 흡수 스펙트럼;

도 6은 p-i-n 구조를 갖는 QCSE 광검출기의 단면도;

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 파장 및 광출력 안정화 시스템을 설명하기 위한 도면; 및

도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 파장 및 광출력 안정화 시스템을 설명하기 위한 도면으로서, 2개의 QCSE 광검출기를 신호원인 DFB LD와 집적한 경우를 나타낸 도면이다.

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<10> 본 발명은 광채널의 파장/출력 안정화 방법 및 그 시스템에 관한 것으로서, 특히 WDM 광통신 시스템에 있어서 2개의 QCSE 광검출기를 이용하여 파장 및 광출력을 안정화하는 방법과 그 시스템에 관한 것이다.

<11> 최근에 초고속 초대용량 광통신 시스템 구현을 위하여 WDM(Wavelength Division Multiplexing) 광전송 방식을 많이 사용하고 있다. WDM 광통신에서 넓은 통신대역을 구현하기 위해서는, 광원이 되는 레이저의 파장이 광섬유증폭기(EDFA)로 증폭가능한 상대적으로 좁은 통신대역 안에 최대한 많은 채널을 넣을 수 있도록, 다중 파장의 빛을 충분히 안정화시켜 파장 간의 간격을 충분히 줄일 수 있어야 한다.

<12> WDM 광통신에서는 채널간격이 25GHz의 정수배, 즉 25GHz, 50GHz, 100GHz 등으로 표준화되어 있다. 현재는 100GHz(0.8nm)의 채널간격이 주로 쓰이고 있는데,

안정된 WDM 방식의 전송을 위해서는 채널의 각 파장들은 대략 채널 간격의 1/10 정도의 범위 내에서 고정되어야 한다. 즉, 파장의 변화범위가 0.08nm(10GHz) 이 내이어야 한다(참고문헌: S. T. Hendoow, H. E. Miller, K. Sayano and N.

Karlovac, 'Wavelength stabilized laser source for dense wavelength division multiplexing', CLEO'97, Baltimore, 1997).

- <13> WDM 광통신에서의 광원으로는 온도와 같은 주변환경의 변화와 열화 (degradation)에 따라 중심파장이 약간씩 움직이는 특성을 갖고 있는 분산배환 레이저 다이오드(Distributed Feedback Laser Diode, 이하 'DFB LD'라 함)를 주로 사용하는데, DFB LD 중에서 10% 정도는 오래 사용하면 열화되어 파장의 변화가 0.4nm에 이르며 처음 사용단계에서 이들을 선별해 내는 것은 매우 어렵다(참고문헌: Y. Park, S. T. Lee and C. J. Chae, 'A Novel Wavelength Stabilization Scheme Using a Fiber Grating for WDM Transmission', IEEE Photon. Technol, Lett., vol. 10, pp 1446~1448, 1998).

- <14> 도 1a 및 도 1b는 수동 광필터를 이용한 종래의 파장 안정화 시스템을 설명하기 위한 도면들이다.

- <15> 도 1a를 참조하면, LD(Laser Diode, 10)에서 출사된 광은 제1광분배기(20)에서 두 개의 광경로로 나뉘어지는데, 이들 중 하나는 제2광분배기(21)로 입사되어 다시 두 개의 광 경로로 나뉘어져서 제1수동광필터(30) 및 제2수동광필터(31)에 각각 입사된다. 도 1b에 도시된 바와 같이 제1수동광필터(30)와 제2수동광필터(31)의 파장에 대한 투과특성은 서로 달라서 기준 파장 λ_0 를 중심으로 안정화가 요구되는 일정한 파장영역을 갖는다.

<16> 제1수동광필터(30) 및 제2수동광필터(31)에서 필터링된 광은 제1광검출기(40) 및 제2광검출기(41)에 각각 입사되어 전기적 신호로 변환되어 비교기(50)에 입력된다. 비교기(50)에서는 이들 전기적 신호를 비교하여 도 1b에서 알 수 있는 파장 정보를 LD 구동회로(60)로 출력한다. LD 구동회로(60)는 비교기(50) 신호를 입력받아 LD(10)의 출력파장을 제어하여 LD(10)에서의 출력파장이 기준 파장 λ_0 로 일정하게 유지되도록 한다.

<17> 이 방식을 위해서는 안정화시키고자 하는 기준파장 λ_0 에 대해서 두 개의 수동광필터를 적절히 설계 제작해야 한다. 그러나, 수동광필터는 특성이 고정적이어서 기준파장 λ_0 가 고정된 값을 가지기 때문에 기준파장이 변하는 시스템에서는 사용이 불가능하다.

<18> 도 2는 광섬유 격자를 이용한 종래의 파장 안정화 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

<19> 도 2를 참조하면, DBR LD(11)에서 출사된 광은 제1광분배기(22)에서 두 개의 광경로로 나뉘어지는데, 이들 중 하나는 제2광분배기(23)로 입사되어 다시 두 개의 광경로로 나뉘어져서 광섬유 격자(70)와 제1광검출기(42)로 각각 입사된다. 제1광검출기(42)에 입사된 광은 이에 대응하는 전기적 신호(B)를 제산기(divider, 51)로 출력하고, 광섬유 격자(70)로 입사된 광은 광섬유 격자(70)의 광투과특성에 따라 다시 출력되어 제2광검출기(43)로 입사된다. 제2광검출기(43)에 입사된 광은 이에 대응하는 전기적 신호(A)를 제산기(51)로 출력한다.

- <20> 제산기(51)에서는 A/B 신호를 비교기(52)로 출력하고, 비교기(52)는 A/B 신호를 기준 신호(V_{ref})와 비교하여 그 결과를 가산기(53) 및 제어장치(61)로 출력한다. 가산기(52)에 입력된 전기적 신호는 가산기(52)에서 외부입력 직류전류(I_{DC})에 가산되어 출력된다. 온도조절장치(80)는 가산기(53)에서 출력되는 증폭신호를 입력받아 DBR LD(11)의 온도를 증가 또는 감소시킨다.
- <21> 한편, 제어장치(61)에 입력된 신호는 DBR LD(11)의 브래그 격자의 광투과 특성을 변화시키기 위해 DBR LD(11)의 브래그 격자부분으로 주입되는 전류를 제어하여 DBR LD(11)의 브래그 격자의 창(window)을 기준 파장으로 회귀시킨다.
- <22> 도 2의 경우도 수동 광필터를 사용하는 종래의 파장 안정화 시스템과 마찬가지로 광섬유 격자의 파장 투과 특성이 고정되어 있기 때문에 기준파장을 변화시켜야 하는 시스템에서는 사용이 불가능하며, 또한 파장을 안정화시키는 광섬유 격자의 제작이 어렵다는 문제가 있다.
- <23> 도 3은 파브리 페로 에탈론 필터를 이용한 종래의 파장 안정화 시스템을 설명하기 위한 도면이다.
- <24> 도 3을 참조하면, DFB LD(12)에서 출사된 광은 렌즈(34)로 모아져서 파브리 페로 에탈론 필터(35)를 통과하여 지지대(46)에 포함되어 있는 제1광검출기(44) 및 제2광검출기(45)에 각각 입사된다. 이 때, 파브리 페로 에탈론 필터(35)는 렌즈(34)와 나란하지 않고 약간 기울어지도록 설치되므로 파브리 페로 에탈론 필터(35)를 통과한 광의 각도가 서로 다르게 되어 제1광검출기(44) 및 제2광검출기(46)의 파장에 대한 투과특성이 서로 다르게 나타난다.

<25> 두개의 광검출기(44, 45)에서 검출되는 전기적 신호는 비교기(54)에 입력되어 서로 비교되고 그 결과가 레이저 구동기(62)로 입력된다. 레이저 구동기(62)는 비교기(54)의 신호를 입력받아 DFB LD(12)의 출력파장을 일정하게 유지하는 제어신호를 DFB LD(12)에 반환시킨다.

<26> 파브리 페로 에탈론 필터(35)는 투과특성을 압전소자 등을 이용하여 한개의 파브리 페로 에탈론 필터(35)로 여러 채널의 기준 파장을 제시하는 장점이 있는 하지만, 정확히 파장을 조절하는 절차가 쉽지 않고, 부피가 크고 비싸며, 벌크 광학물질(bulk optical material)을 사용하기 때문에 삽입 손실도 큰 단점이 있다.

<27> 상술한 바와 같이 종래의 기술은, 광원으로부터 출사되는 광의 파장에 대한 정보를 얻기 위해 수동 광필터, (30, 31), 광섬유 격자(70), 및 파브리 페로 에탈론 필터(35) 등을 광검출기 앞에 두어 파장에 대한 투과특성을 이용하여 광원의 파장을 감시한다.

<28> 그러나, 광원의 파장을 감시하기 위해서는 최소한 2개 단위의 소자(필터+광검출기)가 필요하여 시스템의 부피가 커지고 가격도 비싸게 된다. 특히, 수동 광필터(30, 31), 광섬유 격자(70), 및 파브리 페로 에탈론 필터(35)는 파장에 대한 투과특성이 고정되어 있기 때문에 임의의 기준파장에 대해서는 안정화가 사실상 불가능하다. 또한, 광출력에 대한 정보를 감시하기 위해서는 별도의 다른 소자가 더 필요하다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<29> 따라서, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 필터와 검출기의 역할을 동시에 수행할 수 있는 QCSE 광검출기를 사용하여 간단한 구성으로 파장을 안정화시킬 수 있는 방법을 제공하는 데 있다.

<30> 또한, 본 발명이 이루고자 하는 다른 기술적 과제는 QCSE 광검출기를 사용하여 광출력을 안정화하는 방법을 제공하는 데 있다.

<31> 또한, 본 발명이 이루고자 하는 또 다른 기술적 과제는 QCSE 광검출기를 사용하여 기준파장을 가변할 수 있는 파장/출력 안정화 시스템을 제공하는 데 있다.

<32> 또한, 본 발명이 이루고자 하는 더욱 다른 기술적 과제는 집적에 의해 소형화된 파장/출력 안정화 시스템을 제공하는 데 있다.

【발명의 구성 및 작용】

<33> 상기 기술적 과제를 달성하기 위해서는 파브리 페로 필터와 광검출기를 따로 사용하는 대신 두 개의 특성을 지닌 QCSE 광검출기를 사용한다. 도 4는 QCSE의 1s 엑시톤 흡수특성을 나타낸다. 도 4에서 보는 바와 같이 QCSE 검출기는 파브리 페로 공진기의 투과 특성과 유사하게 엑시톤 피크 파장 좌우로 흡수가 감소하는 특성을 보인다. 본 발명에 따른 파장 안정화 방법은: 제1 QCSE 광검출기와 제2 QCSE 광검출기가 하나의 광원에서 출사되는 광을 입력받는데, 이 때, 상기 제1 QCSE 광검출기와 상기 제2 광검출기 광흡수 특성이 도4와 같이 약간 이동

(shift)되어 서로 교차되도록 설정한다. 즉 상기 제1 QCSE 광검출기에 소정의 바이어스 전압을 인가하였을 때 얻어지는 제1 파장-광전류 그래프와, 상기 제2 QCSE 광검출기에 소정의 바이어스 전압을 인가하였을 때 얻어지는 제2 파장-광전류 그래프가 소정의 기준 파장에서 서로 교차되도록 하고, 상기 교차점보다 단파장 쪽에서는 상기 제1 QCSE 광검출기에서 출력되는 광전류가 상기 제2 QCSE 광검출기에서 출력되는 광전류보다 더 크고, 상기 교차점보다 장파장쪽에서는 상기 제2 QCSE 광검출기에서 출력되는 광전류가 상기 제1 QCSE 광검출기에서 출력되는 광전류보다 더 크도록 하여, 상기 제1 QCSE 광검출기에서 출력되는 광전류가 더 클 경우에는 상기 광원에서 더 장파장의 광이 출력되도록 하고, 상기 제2 QCSE 광검출기에서 출력되는 광전류가 더 클 경우에는 상기 광원에서 더 단파장의 광이 출력되도록 하여 상기 광원에서 출력되는 광이 상기 기준파장을 유지하도록 하는 것을 특징으로 한다.

<34> 기존의 파브리 페로 에탈론 필터 특성을 이용하는 경우와 마찬가지로 바이어스 전압을 사용하지 않고 서로 다른 광흡수 특성을 갖는 두 개의 QCSE 광검출기를 사용할 수 있는데, 이 경우는 각각을 다른 공정을 거쳐서 제작하여야 한다. 만약 서로 다른 광흡수 특성을 지닌 두 개의 QCSE 광검출기를 집적하고자 할 때 엔 양자우물혼합(Quantum Well Intermixing) 기술이나 선택적 성장 (Selective Area Growth) 방법 등을 이용하면 된다. 그러나 QCSE 광검출기의 경우에는 2개의 광검출기가 같은 흡수특성을 가지고 있다고 하더라도 (광검출기의 구조와 구성 물질이 동일하더라도) 바이어스 전압을 각각의 광검출기에 다르게 인가하므로써

광흡수 특성을 도 4와 같이 서로 다르게 이동시켜 기준파장에서 교차하도록 설정할 수 있다.

<35> 상기 다른 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 광출력 안정화 방법은: 제1 QCSE 광검출기와 제2 QCSE 광검출기가 하나의 광원에서 출사되는 광을 입력받는데, 이 때 상기 제1 QCSE 광검출기와 상기 제2 QCSE 광검출기에서 각각 출력되는 광전류 합산값을 소정의 기준값과 비교하여, 광전류 합산값이 상기 기준값보다 작을 때에는 상기 광원에서 더 센 광이 출력되고, 상기 기준값보다 클 때에는 상기 광원에서 더 약한 광이 출력되도록 하여 상기 광원에서 출력되는 광의 세기를 일정하게 하는 것을 특징으로 한다.

<36> 상기 또 다른 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 예에 따른 파장/광출력 안정화 시스템은: 레이저광을 출사하는 LD; 상기 LD에서 출사되는 광을 입력받고 또한 외부로부터 전압을 인가받아 제1 파장-광전류 그래프와 제2 파장-광전류 그래프를 특성을 각각 나타내되, 상기 그래프들은 소정의 기준 파장에서 서로 교차하고 상기 교차점보다 단파장 쪽에서는 상기 제1 파장-광전류 그래프가 더 큰 광전류값을 가지고, 상기 교차점보다 장파장 쪽에서는 상기 제2 파장-광전류 그래프가 더 큰 광전류값을 가지는 제1 QCSE 광검출기 및 제2 QCSE 광검출기; 상기 제1 QCSE 광검출기 및 제2 QCSE 광검출기에서 출력되는 광전류값을 서로 비교하여 그 결과를 출력하는 파장안정화 비교기; 상기 파장안정화 비교기에서 출력되는 신호를 입력받아 상기 제1 QCSE 광검출기 및 제2 QCSE 광검출기에서 출력되는 광전류값이 서로 다를 경우에는 상기 LD에서 출사되는 광이 상기 기준파장을 갖도록 상기 LD의 온도를 변화시키는 파장안정화 온도제어부; 상기 제1 QCSE

광검출기 및 제2 QCSE 광검출기에서 출력되는 광전류의 합산값에 대응하는 신호값을 출력하는 가산기; 상기 가산기에서 출력되는 신호값과 소정의 기준값을 비교하여 그 결과를 출력하는 출력안정화 비교기; 상기 출력안정화 비교기에서 출력되는 신호를 입력받아 상기 가산기에서 출력되는 신호값이 상기 기준값과 서로 다를 경우에는 상기 LD에서 출사되는 광의 세기가 변하도록 상기 LD의 구동전류값을 변화시키는 출력안정화 구동제어부;를 구비하여 상기 LD에서 출력되는 광의 파장 및 세기를 안정시키는 것을 특징으로 한다.

<37> 상기 또 다른 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 다른 예에 따른 파장/광출력 안정화 시스템은: 레이저광을 출사하는 DBR LD; 상기 DBR LD에서 출사되는 광을 입력받고 또한 외부로부터 전압을 인가받아 제1 파장-광전류 그래프와 제2 파장-광전류 그래프를 특성을 각각 나타내되, 상기 그래프들은 소정의 기준 파장에서 서로 교차하고 상기 교차점보다 단파장 쪽에서는 상기 제1 파장-광전류 그래프가 더 큰 광전류값을 가지고, 상기 교차점보다 장파장 쪽에서는 상기 제2 파장-광전류 그래프가 더 큰 광전류값을 가지는 제1 QCSE 광검출기 및 제2 QCSE 광검출기; 상기 제1 QCSE 광검출기 및 제2 QCSE 광검출기에서 출력되는 광전류값을 서로 비교하여 그 결과를 출력하는 파장안정화 비교기; 상기 파장안정화 비교기에서 출력되는 신호를 입력받아 상기 제1 QCSE 광검출기 및 제2 QCSE 광검출기에서 출력되는 광전류값이 서로 다를 경우에는 상기 DBR LD에서 출사되는 광이 상기 기준파장을 갖도록 상기 DBR LD의 DBR 부분에 인가되는 전류를 변화시키는 파장안정화 전류제어부; 상기 제1 QCSE 광검출 및 제2 QCSE 광검출기에서 출력되는 광전류의 합산값에 대응하는 신호값을 출력하는 가산기; 상기 가산기에서 출

력되는 신호값과 소정의 기준값을 비교하여 그 결과를 출력하는 출력안정화 비교기; 상기 출력안정화 비교기에서 출력되는 신호를 입력받아 상기 가산기에서 출력되는 신호값이 상기 기준값과 서로 다를 경우에는 상기 DBR LD에서 출사되는 광의 세기가 변하도록 상기 DBR LD의 구동전류값을 변화시키는 출력안정화 구동 제어부;를 구비하여 상기 DBR LD에서 출력되는 광의 파장 및 세기를 안정화시키는 것을 특징으로 한다.

<38> 상기 더욱 다른 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 예에 따른 파장/광출력 안정화 시스템은: 레이저광을 출사하는 LD, 상기 LD에서 출사된 광을 분배하는 광 파워 분배기, 및 상기 광 파워 분배기 및 상기 LD의 뒷 단에서 나오는 광을 입력받고 또한 외부로부터 바이어스 전압을 인가받아 제1 파장-광전류 그래프와 제2 파장-광전류 그래프를 특성을 각각 나타내되, 상기 그래프들은 소정의 기준 파장에서 서로 교차하고 상기 교차점보다 단파장 쪽에서는 상기 제1 파장-광전류 그래프가 더 큰 광전류값을 가지고, 상기 교차점보다 장파장 쪽에서는 상기 제2 파장-광전류 그래프가 더 큰 광전류값을 가지는 제1 QCSE 광검출기 및 제2 QCSE 광검출기를 구비하되 상기 LD, 광 파워 분배기, 비교기가 하나로 집적되어 이루어지는 파장제어집적화 모듈; 상기 비교기에서 출력되는 신호를 입력받아 상기 파장제어집적화 모듈의 온도를 일정하게 유지시키는 온도제어회로 및 열전냉각기; 상기 비교기에서 출력되는 신호를 입력받아 상기 LD의 파장을 제어하는 구동전류를 출력하여 상기 LD에 입력시키는 LD 드라이버;를 구비하여 상기 LD에서 출력되는 광의 파장 및 세기를 안정화시키는 것을 특징으로 한다.

<39> 여기서, 상기 LD로서 DFB LD 또는 DBR LD를 사용할 수 있다.

<40> 이하에서, 본 발명의 바람직한 실시예들을 첨부한 도면들을 참조하여 상세히 설명한다.

<41> [실시예 1]

<42> 도 5a 내지 도 5b는 본 발명에 따른 파장 안정화 방법을 설명하기 위한 도면들이다.

<43> 도 5a는 하나의 QCSE 광검출기에 인가되는 바이어스 전압에 따른 1s 엑시톤 흡수 스펙트럼이다. 도 5a를 참조하면, QCSE 광검출기에 광이 입사되면 가전자대의 전자가 입사된 광의 에너지를 흡수하여 전도대로 이동하면서 전기적 신호, 즉 광전류가 나오게 된다. 이와 같은 광전류를 검출하여 흡수 스펙트럼을 관찰하면 1s 엑시톤의 피크를 관찰할 수 있다. 이 엑시톤은 전자와 홀이 약한 쿨롱힘에 의해 하나의 입자처럼 행동하는 것으로서, 엑시톤에 의해 흡수되는 에너지는 양자우물의 띠 간격 에너지보다 약간 적다. 따라서, 흡수 스펙트럼 상의 장파장 쪽에서 엑시톤에 의한 효과가 나타나게 된다.

<44> QCSE 광검출기란 QCSE(Quantum Confined Stark Effect)를 이용하는 양자우물구조의 반도체 광검출기를 말한다. QCSE 광검출기는 도 6과 같이 p-i-n 구조로 이루어질 수 있는데, 역바이어스 전압(reverse bias)을 인가하였을 때 암전류(dark current)가 거의 없어서 입사된 광에 대한 광전류를 검출하기에 매우 좋다. 여기서 i층이 QCSE 광검출기의 광흡수층으로서의 역할을 하는데 통상적으로

InGaAs/InAlAs와 같이 반도체의 띠틈 (bandgap)이 큰물질과 작은 물질이 주기적으로 적층된 다중양자우물 구조를 갖는다.

<45> QCSE란 1s 엑시톤 흡수스펙트럼이 파장에 따라 급격히 달라지는데 이 때 광검출기에 역전압을 인가하였을 때 1s 엑시톤 흡수스펙트럼이 장파장 쪽으로 이동하며 반치전폭이 넓어지는 현상을 말한다. QCSE 광검출기는 통상 상온에서도 도 5a와 같은 1s 엑시톤 흡수 스펙트럼을 관찰할 수 있는데, A, A', A'와 같이 바이어스 전압이 0V, 5V, 8V로 높아질수록 엑시톤 피크의 위치가 장파장 쪽으로 이동하는 것을 볼 수 있다. 따라서, QCSE 광검출기에서의 엑시톤 피크 위치는 QCSE 광검출기에 인가되는 전압을 조절함으로써 적절한 파장 영역에 위치시킬 수 있게 된다. 물론, 엑시톤 피크 위치는 양자우물의 너비, 우물과 장벽을 구성하는 물질 등에 따라서도 변한다.

<46> 도 5b는 동일한 두 개의 QCSE 광검출기에 서로 다른 바이어스 전압을 인가하였을 때의 1s 엑시톤 흡수 스펙트럼이다. 구체적으로, 제1 QCSE 광검출기 및 제2 QCSE 광검출기에 동일한 LD(Laser Diode)에서 출사되는 광이 입사되도록 하면서 기준파장 λ_0 에서 두 개의 흡수 스펙트럼이 교차되도록 제1 QCSE 광검출기에는 0V를 인가하고 제2 QCSE 광검출기에는 4V를 인가하여 그래프 B와 그래프 B'를 얻은 것이다.

<47> 도 5b를 참조하면, λ_0 에서는 제1 QCSE 광검출기 및 제2 QCSE 광검출기에서 나오는 광전류량이 같고, λ_0 보다 단파장인 λ_1 에서는 제1 QCSE 광검출기에서 나오는 광전류가 더 크고, λ_0 보다 장파장인 λ_2 에서는 제2 QCSE 광검출기에서 나오는 광전류가 더 크다.

<48> 따라서, 제1 QCSE 광검출기에서 나오는 광전류가 제2 QCSE 광검출기에서 나오는 광전류보다 클 경우에는 상기 광원에서 더 장파장의 광이 출력되도록 귀환 신호(feed-back signal)를 광원으로 보내고, 제2 QCSE 광검출기에서 나오는 광전류가 더 클 경우에는 상기 광원에서 더 단파장의 광의 출력되도록 귀환신호를 상기 광원으로 보냄으로써 상기 광원에서 출력되는 광이 λ_0 를 유지하도록 할 수 있다.

<49> 도 5c는 도 5b에서 제1 QCSE 광검출기에 5V를 인가하고, 제2 QCSE 광검출기에 7V를 인가했을 경우의 1s 엑시톤 흡수 스펙트럼이다. 그래프가 오른쪽을 약간 이동하여 기준 파장이 λ_0 에서 λ_0' 로 변화하였음을 볼 수 있는데, 이와 같이 기준파장은 두 개의 광검출기에 적절한 바이어스 전압을 인가함으로써 원하는 값이 되도록 할 수 있다.

<50> 물론, 엑시톤 흡수 스펙트럼은 광검출기의 양자우물의 너비, 우물과 장벽을 이루는 물질, 온도 등에 의해서도 변하므로 도 5b 및 도 5c는 바이어스 전압을 제외한 나머지 변수는 모두 같고 단지 바이어스 전압만을 변화시킨 경우를 설명한 것이다.

<51> 동일한 바이어스 전압을 인가하더라도 QCSE 광검출기의 구조가 다르면 도 5b와 같은 형태의 그래프를 얻을 수 있는데, 이 때에도 본 발명과 같은 효과를 얻을 수 있음은 물론이다. 그러나, 동일한 QCSE 광검출기를 사용하고 다른 바이어스 전압을 인가하는 것이 λ_0 값을 쉽게 변화시킬 수 있기 때문에 가변파장에 사용하기에 더 적합하다.

<52> [실시예 2]

<53> 도 7은 본 발명에 따른 파장 및 광출력 안정화 시스템을 설명하기 위한 도면이다. DFB LD(100)에서 출사된 광은 제1광분배기(110)에서 두 개의 광경로로 나뉘어지는데, 이들 중 하나는 제2광분배기(120)로 입사되어 다시 두 개의 광경로로 나뉘어져서 제1 QCSE 광검출기(130) 및 제2 QCSE 광검출기(140)로 입사된다.

<54> 제1 QCSE 광검출기(130) 및 제2 QCSE 광검출기(140)에는 전압원(150)을 통해서 서로 다른 바이어스 전압을 인가받아 서로 다른 투과특성을 나타내며, 이하에서는 설명의 편의상 그 투과특성이 도 5b와 같다고 생각하여 기술한다.

<55> 파장안정화 비교기(200)는 제1 QCSE 광검출기(130) 및 제2 QCSE 광검출기(140)에서 출력되는 광전류값을 서로 비교하여 그 결과를 출력한다. 도 5b에서 설명한 바와 같이 제1 QCSE 광검출기(130)에서 나오는 광전류가 제2 QCSE 광검출기(140)에서 나오는 광전류보다 클 경우에는 DFB LD(100)에서 더 장파장의 광이 출력되도록 하고, 그 반대의 경우에는 DFB LD(100)에서 더 단파장의 광의 출력되도록 하면 DFB LD(100)에서 출력되는 광이 λ_0 를 유지하게 된다.

<56> 파장안정화 온도제어부(210)는 파장안정화 비교기(200)에서 출력되는 신호를 입력받아 제1 QCSE 광검출기(130) 및 제2 QCSE 광검출기(140)에서 출력되는 광전류값이 서로 다를 경우에는 DFB LD(100)에서 출사되는 광이 λ_0 를 유지하도록 DFB LD(100)의 온도를 변화시킨다.

<57> DFB LD는 온도에 따라 매우 일정하게 파장이 변하는 성질을 갖는데, 이를 DFB LD의 온도변화계수(temperature-tuning coefficient)라 부르며 그 크기는 $9.5 \sim 10\text{GHz}/^{\circ}\text{C}$ 로 알려져 있다. 이는 1550nm 의 파장을 기준으로 하여 볼 때 대략 $0.1\text{nm}/^{\circ}\text{C}$ 가 된다(참고자료: J. H. Jang, S. K. Shin, H. Kim, K. S. Lee, J. Park, and Y. C. Chung, 'A cold-start WDM system using a synchronized etalon filter', IEEE photon. technol. lett., vol. 9, pp.383~385, March, 1997).

<58> 예컨대, DFB LD(100)에서 출사되는 광의 파장이 λ_0 에서 λ_2 쪽으로 이동할 경우에는 파장안정화 온도제어부(210)를 통하여 DFB LD(100)의 온도를 내려주고, DFB LD(100)에서 출사되는 광의 파장이 λ_0 에서 λ_1 쪽으로 이동할 경우에는 DFB LD(100)의 온도를 올려줌으로써 DFB LD(100)에서의 출사광의 파장이 λ_0 를 유지하도록 한다.

<59> QCSE 광검출기(130, 140) 또한 온도에 의해 QCSE 광검출기(130, 140)의 투과특성이 변할 수 있으므로 QCSE 광검출기(130, 140)의 온도를 일정하게 해줄 광검출기 온도제어부(180)도 마련하는 것이 좋다.

<60> 가산기(300)는 제1 QCSE 광검출기(130) 및 제2 QCSE 광검출기(140)에서 출력되는 광전류값의 합산값에 대응하는 신호값을 출력하고, 출력안정화 비교기(310)는 가산기(300)에서 출력되는 신호값과 소정의 기준값을 비교하여 그 결과를 출력한다. 예컨대 가산기(300)는 광전류값을 전압값으로 변화하여 이를 출력안정화 비교기(310)로 보내고 출력안정화 비교기(310)는 이 전압값과 소정의 기준전압값(V_{ref})을 비교한다.

<61> 출력안정화 구동제어부(320)는 출력안정화 비교기(310)에서 출력되는 신호를 입력받아 가산기(300)에서 출력되는 신호값이 상기 기준값과 서로 다를 경우에는 DFB LD(100)에서 출사되는 광의 세기가 변하도록 DFB LD(100)의 구동전류값을 변화시켜 DFB LD(100)에서 출사되는 광이 일정한 세기를 갖도록 한다.

<62> 이와같이, DFB LD와 QCSE 광검출기를 집적하였을 때, 출력광의 파장 변화가 있으면 DFB LD의 온도를 변화시켜 파장을 안정화시키고, 광출력의 변화가 있으면 DFB LD의 구동전류량을 조절하여 광출력을 안정화시킴으로써 파장 및 광출력을 안정화시킬 수 있다.

<63> [실시예 3]

<64> 도 7의 경우는 광원으로서 DFB LD를 사용하는 경우를 예로 들었는데, DBR LD를 사용하는 경우에는 조금 다른 구성을 갖어야 한다. DBR LD의 경우에는 출력광의 파장변화가 DBR LD의 온도 뿐만 아니라 DBR 부분의 전류 인가량에 의해서도 나타난다. 따라서, 파장안정화 비교기(200)에서 제1 QCSE 광검출기(130) 및 제2 QCSE 광검출기(140)에서 다른 광전류값이 나왔음을 판단하는 경우에는 DBR LD의 온도 및 DBR부분에 인가되는 전류량을 제어해야 한다. 만약, DBR LD의 온도가 일정한 상태에서 파장 안정화를 이룰려면 DBR 부분에 인가되는 전류량만을 제어하면 된다. 이 경우에는 도 7에서의 파장안정화 온도제어부(210) 대신에 파장안정화 전류제어부를 설치하면 된다.

<65> 따라서, DBR LD와 QCSE 광검출기를 집적하였을 때, 출력광의 파장 변화가 있으면 DBR LD의 온도가 일정하게 유지되는 상태에서 DBR 부분에 인가되는 전류량을 조절하여 파장을 안정화시키고, 광출력의 변화가 있으면 DBR LD의 구동전류량을 조절하여 광출력을 안정화시키면 된다.

<66> [실시예 4]

<67> 도 8의 경우에는 2개의 QCSE 광검출기를 신호원인 DFB LD와 집적한 경우의 도면을 나타낸다. 이 경우 상기의 실시예와는 달리 DFB LD(802)의 신호용 빛을 나누는 것이 아니고 뒷 단으로 나오는 빛을 이용하기 때문에 광원의 파워를 줄이지 않고 파장을 감시할 수 있게 된다. 도 8의 파장/광출력 안정화 시스템은, DFB LD(802), 광파워 분배기(804)와, 제1 및 제2 QCSE 광검출기들(806, 808)이 집적되어 이루어진 파장제어집적화 모듈(800)과; 전압원(810a, 810b), 저항(820a, 820b), 비교기(830), 온도제어회로(840), 열전 냉각기(850), DFB LD 구동 드라이버(860)로 구성되어 있다.

<68> 도 8의 시스템의 동작원리는 [실시예 2]와 같으나, 제1 및 제2 QCSE 광검출기들(806, 808)과 신호원인 DFB LD(802) 그리고 분배기(804)를 집적화한 것만이 다른 점이다. 이 때 유의할 사항은 제1 및 제2 QCSE 광검출기들(806, 808)의 QCSE가 온도에 의해 특성이 변하기 때문에 이들의 온도를 항상 일정하게 유지해 주어야 한다. 따라서, 비교기(830)로부터 출력신호를 받는 온도제어회로(840)와 열전 냉각기(850)가 파장제어집적화 모듈(800)의 온도를 일정하게 유지해 주기 위해 사용된다. 한편, DFB LD(802)의 파장을 온도를 통하려 조절할 수 없게 되므

로 구동전류에 의해 파장을 제어하여야 한다. 그러므로 광출력에 대해서는 감시할 수 있으나 일정하게 조절할 수는 없게 된다. 또한 도 7의 신호원인 DFB LD(802)를 DBR LD로 바꿀 수도 있다. DBR LD는 온도를 일정하게 유지하면서 DBR 부분에 인가되는 전류를 조절하여 파장을 조절할 수 있고 또한 구동전류를 변화시켜 광파워를 조절할 수 있으므로 집적화를 하더라도 파장과 광파워를 동시에 제어할 수 있게 된다.

【발명의 효과】

<69> 상술한 바와 같이 본 발명에 의하면, 필터와 검출기의 역할을 동시에 수행할 수 있는 QCSE 광검출기를 두 개 사용함으로써 간단한 구성으로 파장 및 광출력 안정화를 구현할 수 있다. 또한, 기준파장 λ_0 값을 QCSE 광검출기에 인가되는 바이어스 전압의 조절 등을 통하여 용이하게 변화시킬 수 있기 때문에 임의의 기준파장에 대해서도 용이하게 파장 안정화를 이룰 수 있다.

<70> 본 발명은 상기 실시예들에만 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 많은 변형이 가능함은 명백하다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

제1 QCSE 광검출기와 제2 QCSE 광검출기가 하나의 광원에서 출사되는 광을 입력받는데, 이 때, 상기 제1 QCSE 광검출기에 소정의 바이어스 전압을 인가하였을 때 얻어지는 제1 파장-광전류 그래프와, 상기 제2 QCSE 광검출기에 소정의 바이어스 전압을 인가하였을 때 얻어지는 제2 파장-광전류 그래프가 소정의 기준 파장에서 서로 교차되도록 하고, 상기 교차점보다 단파장 쪽에서는 상기 제1 QCSE 광검출기에서 출력되는 광전류가 상기 제2 QCSE 광검출기에서 출력되는 광전류보다 더 크고, 상기 교차점보다 장파장쪽에서는 상기 제2 QCSE 광검출기에서 출력되는 광전류가 상기 제1 QCSE 광검출기에서 출력되는 광전류보다 더 크도록 하여, 상기 제1 QCSE 광검출기에서 출력되는 광전류가 더 클 경우에는 상기 광원에서 더 장파장쪽으로 출력파장이 이동되도록 하고, 상기 제2 QCSE 광검출기에서 출력되는 광전류가 더 클 경우에는 상기 광원에서 더 단파장쪽으로 출력파장이 이동되도록 하여 상기 광원에서 출력되는 광이 상기 기준파장을 유지하도록 하는 것을 특징으로 하는 파장 안정화 방법.

【청구항 2】

제1항에 있어서, 상기 제1 파장-광전류 그래프와 상기 제2 파장-광전류 그래프는 1s 엑시톤 피크를 기준으로 하여 얻어지는 것을 특징으로 하는 파장 안정화 방법.

【청구항 3】

제1항에 있어서, 상기 제1 QCSE 광검출기와 제2 QCSE 광검출기는 동일한 것이며, 상기 제1 QCSE 광검출기와 제2 QCSE 광검출기에 인가되는 바이어스 전압은 서로 다른 것을 특징으로 하는 파장 안정화 방법.

【청구항 4】

제1항에 있어서, 상기 광원이 DFB LD 또는 DBR LD 인 것을 특징으로 하는 파장 안정화 방법.

【청구항 5】

제1 QCSE 광검출기와 제2 QCSE 광검출기가 하나의 광원에서 출사되는 광을 입력받는데, 이 때 상기 제1 QCSE 광검출기와 상기 제2 QCSE 광검출기에서 각각 출력되는 광전류 합산값을 소정의 기준값과 비교하여, 광전류 합산값이 상기 기준값보다 작을 때에는 상기 광원에서 더 센 광이 출력되고, 상기 기준값보다 클 때에는 상기 광원에서 더 약한 광이 출력되도록 하여 상기 광원에서 출력되는 광의 세기를 일정하게 하는 것을 특징으로 하는 광출력 안정화 방법.

【청구항 6】

레이저광을 출사하는 LD;

상기 LD에서 출사되는 광을 입력받고 또한 외부로부터 바이어스 전압을 인가받아 제1 파장-광전류 그래프와 제2 파장-광전류 그래프를 특성을 각각 나타내되, 상기 그래프들은 소정의 기준 파장에서 서로 교차하고 상기 교차점보다 단파장 쪽에서는 상기 제1 파장-광전류 그래프가 더 큰 광전류값을 가지고, 상기 교

차점보다 장파장 쪽에서는 상기 제2 파장-광전류 그래프가 더 큰 광전류값을 가지는 제1 QCSE 광검출기 및 제2 QCSE 광검출기;

상기 제1 QCSE 광검출기 및 제2 QCSE 광검출기에서 출력되는 광전류값을 서로 비교하여 그 결과를 출력하는 파장안정화 비교기;

상기 파장안정화 비교기에서 출력되는 신호를 입력받아 상기 제1 QCSE 광검출기 및 제2 QCSE 광검출기에서 출력되는 광전류값이 서로 다를 경우에는 상기 LD에서 출사되는 광이 상기 기준파장을 갖도록 상기 LD의 온도를 변화시키는 파장안정화 온도제어부;

상기 제1 QCSE 광검출기 및 제2 QCSE 광검출기에서 출력되는 광전류의 합산값에 대응하는 신호값을 출력하는 가산기;

상기 가산기에서 출력되는 신호값과 소정의 기준값을 비교하여 그 결과를 출력하는 출력안정화 비교기;

상기 출력안정화 비교기에서 출력되는 신호를 입력받아 상기 가산기에서 출력되는 신호값이 상기 기준값과 서로 다를 경우에는 상기 LD에서 출사되는 광의 세기가 변하도록 상기 LD의 구동전류값을 변화시키는 출력안정화 구동제어부;를 구비하여 상기 LD에서 출력되는 광의 파장 및 세기를 안정시키는 것을 특징으로 하는 파장/광출력 안정화 시스템.

【청구항 7】

제6항에 있어서, 상기 LD가 DFB LD인 것을 특징으로 하는 파장/광출력 안정화 시스템.

【청구항 8】

제6항에 있어서, 상기 파장안정화 온도제어부는 상기 제1 QCSE 광검출기가 상기 제2 QCSE 광검출기보다 더 큰 광전류를 출력하는 경우에는 상기 LD의 온도를 올리고, 그 반대인 경우에는 상기 LD의 온도를 내리도록 하는 것을 특징으로 하는 파장/광출력 안정화 시스템.

【청구항 9】

레이저광을 출사하는 DBR LD;

상기 DBR LD에서 출사되는 광을 입력받고 또한 외부로부터 바이어스 전압을 인가받아 제1 파장-광전류 그래프와 제2 파장-광전류 그래프를 특성을 각각 나타내되, 상기 그래프들은 소정의 기준 파장에서 서로 교차하고 상기 교차점보다 단파장 쪽에서는 상기 제1 파장-광전류 그래프가 더 큰 광전류값을 가지고, 상기 교차점보다 장파장 쪽에서는 상기 제2 파장-광전류 그래프가 더 큰 광전류값을 가지는 제1 QCSE 광검출기 및 제2 QCSE 광검출기;

상기 제1 QCSE 광검출기 및 제2 QCSE 광검출기에서 출력되는 광전류값을 서로 비교하여 그 결과를 출력하는 파장안정화 비교기;

상기 파장안정화 비교기에서 출력되는 신호를 입력받아 상기 제1 QCSE 광검출기 및 제2 QCSE 광검출기에서 출력되는 광전류값이 서로 다를 경우에는 상기 DBR LD에서 출사되는 광이 상기 기준파장을 갖도록 상기 DBR LD의 DBR 부분에 인가되는 전류를 변화시키는 파장안정화 전류제어부;

상기 제1 QCSE 광검출 및 제2 QCSE 광검출기에서 출력되는 광전류의 합산값에 대응하는 신호값을 출력하는 가산기;

상기 가산기에서 출력되는 신호값과 소정의 기준값을 비교하여 그 결과를 출력하는 출력안정화 비교기;

상기 출력안정화 비교기에서 출력되는 신호를 입력받아 상기 가산기에서 출력되는 신호값이 상기 기준값과 서로 다를 경우에는 상기 DBR LD에서 출사되는 광의 세기가 변하도록 상기 DBR LD의 구동전류값을 변화시키는 출력안정화 구동제어부;를 구비하여 상기 DBR LD에서 출력되는 광의 파장 및 세기를 안정화시키는 것을 특징으로 하는 파장/광출력 안정화 시스템.

【청구항 10】

레이저광을 출사하는 LD,

상기 LD에서 출사된 광을 분배하는 광 파워 분배기, 및

상기 광 파워 분배기 및 상기 LD의 뒷 단에서 나오는 광을 입력받고 또한 외부로부터 바이어스 전압을 인가받아 제1 파장-광전류 그래프와 제2 파장-광전류 그래프를 특성을 각각 나타내되, 상기 그래프들은 소정의 기준 파장에서 서로 교차하고 상기 교차점보다 단파장 쪽에서는 상기 제1 파장-광전류 그래프가 더 큰 광전류값을 가지고, 상기 교차점보다 장파장 쪽에서는 상기 제2 파장-광전류 그래프가 더 큰 광전류값을 가지는 제1 QCSE 광검출기 및 제2 QCSE 광검출기,

를 구비하되 상기 LD, 광 파워 분배기, 비교기가 하나로 집적되어 이루어지는 파장제어집적화 모듈;

상기 비교기에서 출력되는 신호를 입력받아 상기 파장제어집적화 모듈의 온도를 일정하게 유지시키는 온도제어회로 및 열전냉각기;

상기 비교기에서 출력되는 신호를 입력받아 상기 LD의 파장을 제어하는 구동전류를 출력하여 상기 LD에 입력시키는 LD 드라이버;를 구비하여 상기 LD에서 출력되는 광의 파장 및 세기를 안정화시키는 것을 특징으로 하는 파장/광출력 안정화 시스템.

【청구항 11】

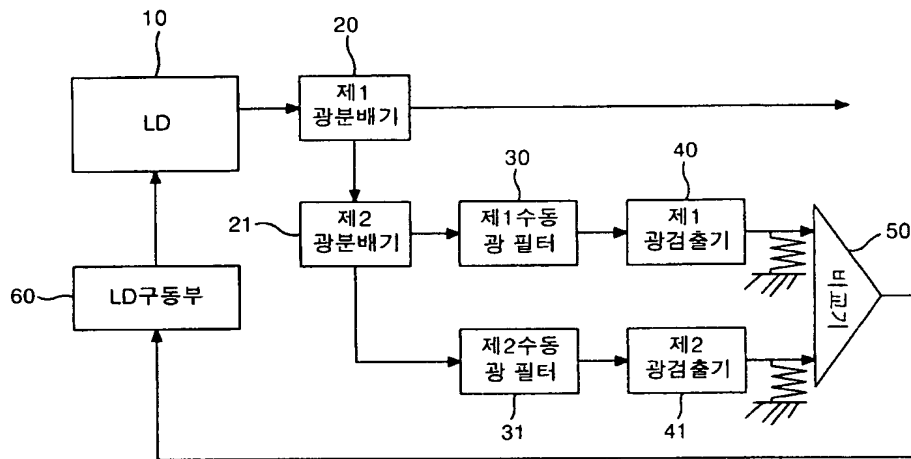
제10항에 있어서, 상기 LD가 DFB LD 또는 DBR LD인 것을 특징으로 하는 파장/광출력 안정화 시스템.

【청구항 12】

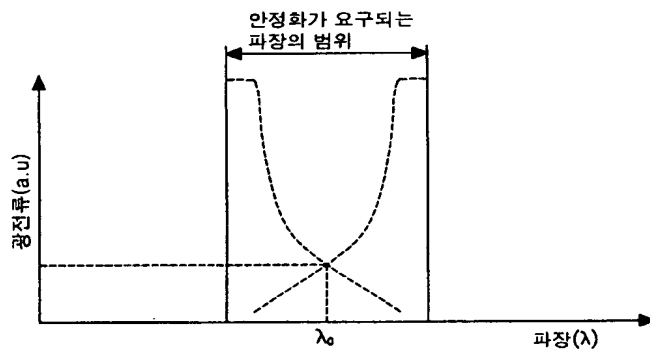
제6항, 제9항 및 제10항 중의 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 QCSE 광검출기 및 제2 QCSE 광검출기가 서로 다른 광흡수 특성을 지니며 양자우물혼합 기술 또는 선택적 성장에 의해 집적 형성된 것을 특징으로 하는 파장/광출력 안정화 시스템.

【도면】

【도 1a】



【도 1b】

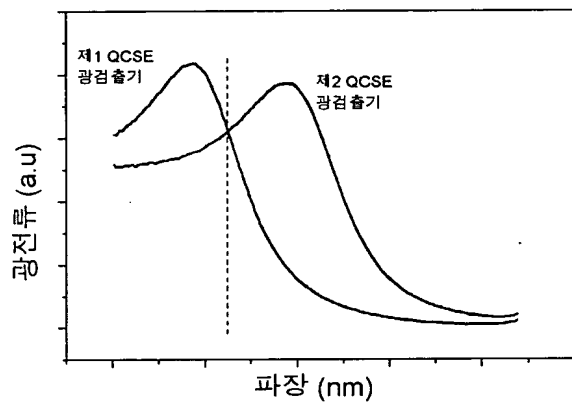


[illegible]

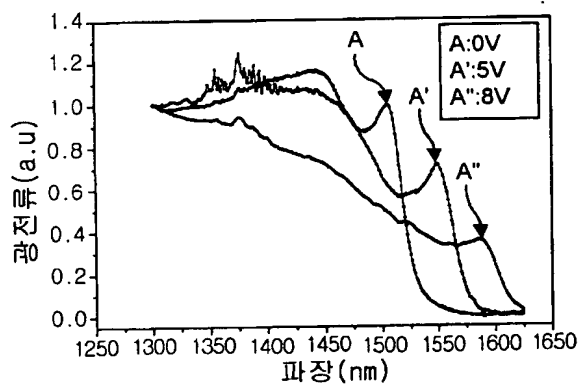
A schematic diagram of a laser system. A box labeled '레이저 구동기' (Laser Driver) with reference numeral 62 is connected to a box labeled 'DFB LD' (Distributed Feedback Laser Diode) with reference numeral 12. The DFB LD emits a laser beam, represented by two diverging cones, through a lens 34. The beam passes through a vertical line 35 and is focused onto a vertical rectangular component 46. This component has two upward-pointing arrows labeled 44 and 45. To the right of component 46 is a dashed trapezoidal shape 54 containing the text $|L \text{ 편} | R$. A horizontal line extends from the right side of shape 54.



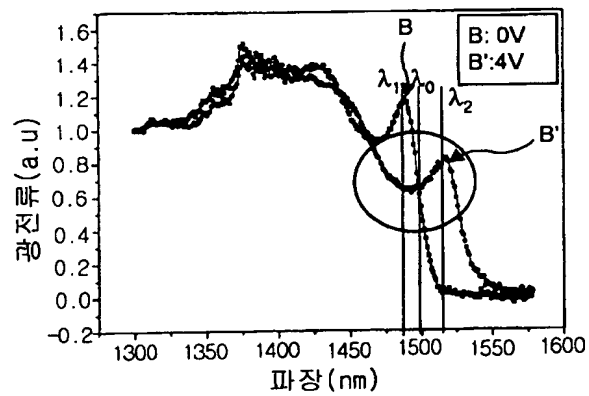
【도 4】



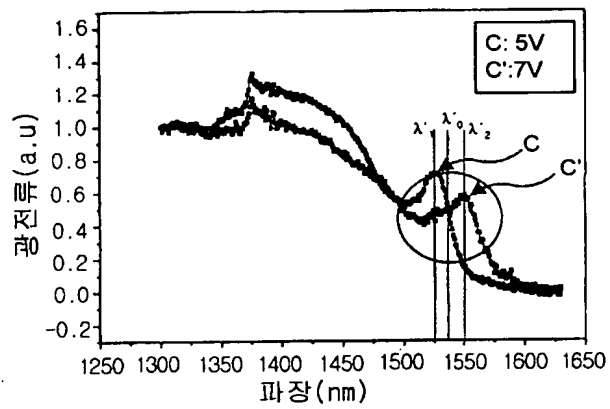
【도 5a】



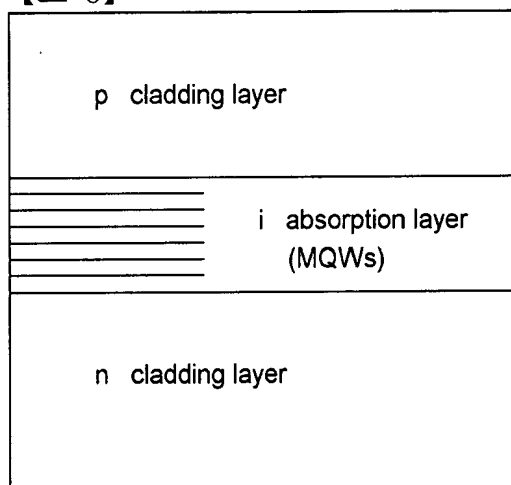
【도 5b】



【도 5c】



【도 6】



[illegible]